

ристики и практические применения. – Том 2. – М.: Мир, 1987. – С. 416.

10. Власов, В. Т. Физические основы метода магнитной памяти металла [Текст] / В. Т. Власов, А. А. Дубов. – М.: ЗАО «Тиссо», 2004. – С. 42-113.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ СПОНТАННОГО НАМАГНІЧЕННЯ В КРИСТАЛАХ ЧИСТОГО ЗАЛІЗА

Представлено аналіз процесів в мікроструктурах чистого заліза при кристалізації. Показано, що формування спонтанного намагнічення кристалів чистого заліза відбувається із-за орієнтації в строго дозволених напрямках магнітних моментів атомів. Розглянуто вплив ефекту магнітострикції на формування магнітних доменів і появу дефектів кристалічної решітки. Поставлені завдання подальшого дослідження.

Ключові слова: спонтанна намагніченість, кристали чистого заліза, магнітні моменти атомів, дефекти кристалічної решітки.

Девяткин Дмитрий Сергеевич, аспирант, кафедра автоматизации и компьютерно-интегрированных технологий, Восточноукраинский национальный университет им. В. И. Даля, Украина, e-mail: 9dyustudio@gmail.com

Девяткин Дмитро Сергійович, аспірант, кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Східно-український національний університет ім. В. І. Дяля, Україна, e-mail: 9dyustudio@gmail.com

Devyatkin Dmitriy, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine, e-mail: 9dyustudio@gmail.com

УДК 535.14; 535.33

Качур Н. В.

РОЗВИТОК ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ СПОСОБІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ОПТИЧНО ПРОЗОРИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто методи оптичного неруйнівного контролю. Досліджено можливість використання оптичного поляризаційного способу контролю для виявлення механічних напружень у склі. Досліджено можливості підвищення точності оптичного контролю. Результати дослідження можуть бути застосовані в оптичному виробництві для контролю якості матеріалів і готових оптичних деталей.

Ключові слова: технічна діагностика, оптичний метод контролю, поляризація.

1. Вступ

Відомо, що неруйнівні методи контролю відіграють важливу роль в технічній діагностиці як вихідних матеріалів, так і окремих деталей та збірних конструкцій з них [1]. Особливу актуальність мають оптичні методи для прозорих матеріалів, що забезпечують високу точність та надійність оптико-електронних приладів. В національному стандарті Російської Федерації ГОСТ Р 53696-2009 «Контроль неразрушающий. Методы оптические. Термины и определения» [2] визначено 32 методи оптичного контролю, що засновані на взаємодії оптичного випромінювання з матеріалом та геометричними параметрами оптичної деталі.

Метою роботи було дослідження можливості розвитку поляризаційних методів контролю за двома напрямками: можливість спрощення процедури контролю в виробничих умовах та покращення чутливості та точності контролю.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Явище обертання площини поляризації відкрив Араго в кварці в 1811 р., а Біо, виявивши його і в деяких рідинах в 1815 р., довів, що поворот площини поляризації збільшується пропорційно товщині активного шару [2]. Явище обертання площини поляризації має місце у різноманітних тілах, що одержали назву природно активних.

Додаткова зміна швидкості розповсюдження поляризованого світла може змінювати внутрішні пружні механічні напруження. Тому цей метод широко використовується для дослідження наявності таких напружень у оптичних матеріалах та деталях [3].

3. Результати досліджень

Учені й інженери протягом тривалого часу використовують метод поляризаційного контролю при визначенні якості оптично прозорих матеріалів та конструкцій з них. Однак, одним із проблемних питань у цьому методі залишається пошук і вибір джерела поляризованого світла. Таке джерело повинне мати досить велику площу випромінювання (порівняно з площею контрольованої деталі); забезпечувати по всій площі однорідне по оптичних характеристиках випромінювання; бути простим в експлуатації; енергоекономним.

На жаль, традиційні прилади поляризаційного контролю (прилад ПКС-250, ЛОМО, Росія) мають випромінювач, діаметром не більш 250 мм, що ускладнює здійснення контролю великогабаритних деталей.

Нами було запропоновано використати в якості джерела поляризованого світла дисплейний екран персонального комп'ютера або смартфонів, планшетів [4]. Дійсно, під впливом електричного поля відбувається зміна структури рідких кристалів, що викликає зміну умов проходження поляризованого випромінювання від кожного пікселя. Заключну роль у формуванні зображення на дисплеї відіграє поляризатор, розміщений

безпосередньо перед його зовнішнім вікном.

Візьмемо, для прикладу, поляризатор з вертикальним напрямком поляризації, тобто такий, що пропускає хвилі, орієнтовані у вертикальній площині.

На рис. 1 показана хвиля, що поширюється в площині, яка лежить під деяким кутом щодо вертикального напрямку поляризації. Вектор електричного поля падаючої хвилі можна розкласти на дві взаємно перпендикулярні складових: паралельну оптичній осі поляризатора й перпендикулярну їй. Перша складова, паралельна оптичній осі, проходить, друга (перпендикулярна) блокується.

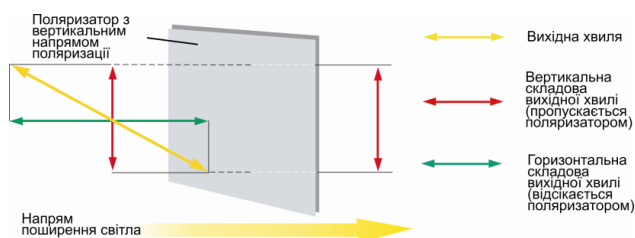


Рис. 1. Проходження світлової хвилі через зовнішній поляризатор

Експерименти показали, що таке джерело випромінювання можна використовувати для контролю внутрішніх напружень в авіаційному склінні (рис. 2).



Рис. 2. Зразок: а – не зміцненого скла (СО 120), в якому немає внутрішніх напружень; б – зразок зміцненого скла (АО 120) з кольоровими смугами, які утворюються при взаємодії поляризованого випромінювання з внутрішніми напруженими шарами органічного скла

Зразки фотографували цифровою камерою з поляризаційним фільтром.

Другий напрям досліджень був спрямований на покращення чутливості та точності контролю. Для проведення експерименту був використаний модуляційно-поляризаційний метод [5 – 7].

При розповсюдженні лінійно поляризованого світла крізь пружне середовище в напрямку перпендикулярному до поширення акустичної хвилі, випромінювання перетворюється із лінійно поляризованого в еліптично поляризоване [8]. Фізично диференціюючи відповідну функціональну характеристику позбуваємося такої постійної складової неполяризованого випромінювання як «фон». Структурна схема установки для визначення абсолютних значень величин внутрішніх напружень наведено на рис. 3.

Досліджували п'ять сапфірових вікон (діаметр 62 мм, товщина 5 мм), які були надані фірмою «Imprex Hightech GmbH» (Німеччина), як такі, що не відповідали вимогам до лазерних систем, а саме вони суттєво впливали на геометрію фронту лазерного випромінювання. Структурна схема пристрою, який використовувався в роботі, наведено на рис. 4.

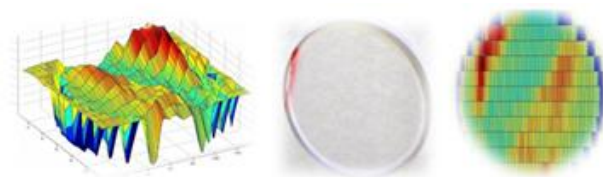


Рис. 3. Приклад нерівномірного розподілу внутрішніх напружень у зразку №3 (модельовання у програмному пакеті MatLab)

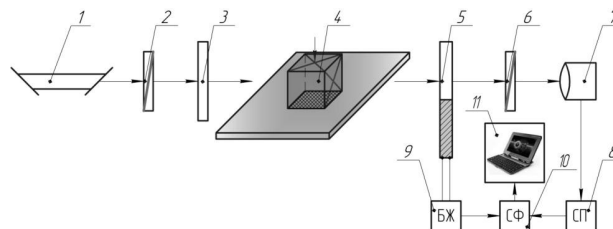


Рис. 4. Структурна схема пристрою для визначення абсолютних значень внутрішніх механічних напружень в сапфірових вікнах: 1 – напівпровідниковий гелієвий лазер; 2 – лінійний поляризатор; 3 – чвертьхвильова фазова пластинка 1/4 (компенсує початковий сигнал); 4 – контрольний зразок у вигляді сапфірового кубика; 5 – модулятор-поляризатор; 6 – лінійний поляризатор; 7 – фотодетектор; 8 – селективний підсилювач (UNIPAN); 9 – блок живлення; 10 – синхронно-фазовий нано-вольтметр; 11 – персональний комп'ютер (ПК)

Напівпровідниковий лазер (HLDP-650-A501 (виробник HUEY JANN, Китай) з довжиною хвилі $\lambda = 650$ нм) 1 з лінійним-поляризатором 2 на виході, служить джерелом випромінювання. Отримане в результаті лінійно-поляризоване світло направляли на контрольний зразок 4, який одночасно був здеформований калібрувальним зусиллям. Рівномірний тиск по перерізу зразка встановлювали медичними важками. Еліптично поляризоване світло, яке пройшло через зразок, перетворювалось фотопружним модулятором 5 та лінійним поляризатором 6, і направлялося на фотодетектор 7. Він генерував на частоті модуляції сигнал пропорційний V – компоненті вектора Стокса, який підсилювали селективним пристроєм 8 і реєстрували синхронно-фазовим нано-вольтметром 9. Потім інформативний сигнал обробляли на ПК 11.

При куті 450 між напрямком деформації та віссю лінійного поляризатора лінійно поляризоване випромінювання найбільш ефективно перетворюється в циркулярне. Кут α між відносною оптичною віссю зразка і ортогональними компонентами визначається рівністю $E_x = E_y$ ($\alpha = \pi/2$) [9, 10].

В залежності від величини анізотропії виникала циркулярна компонента певної величини, яка відповідала значенню внутрішніх механічних напружень.

В результаті проведених досліджень була визначена нерівномірність розподілу внутрішніх напружень (рис. 3) та абсолютні їх значення (табл. 1)

Таблиця 1

Максимальні (стиснення) та мінімальні (розтягнення) значення внутрішніх механічних напружень в оптичних сапфірових вікнах

№	δ_{\max}^+ (стиснення)	δ_{\max}^- (розтягнення)
Sample №1	855 Па	– 480 Па
Sample №2	900 Па	– 500 Па
Sample №3	500 Па	– 520 Па
Sample №4	460 Па	– 415 Па
Sample №5	900 Па	– 580 Па

4. Висновки

За результатами досліджень запропоновано використати в якості джерела поляризованого світла дисплейний екран персонального комп'ютера або смартфонів, планшетів. Це дало можливість наблизити контроль наявності механічних напружень у оптично прозорих матеріалах до умов виробництва. Також запропоновано і досліджено можливість покращення чутливості та точності контролю при використанні модуляційно-поляризаційного методу.

Література

1. Клюев, В. В. *Неразрушающий контроль* [Текст]: справочник / В. В. Клюев. – М.: Машиностроение, 2004. – В 7 т., Т. 3. – 864 с.
2. ГОСТ Р 53696-2009. *Контроль неразрушающий. Методы оптические. Термины и определения* [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2010. – 12 с.
3. Ландсберг, Г. С. *Оптика* [Текст] / Г. С. Ландсберг. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 848 с.
4. Застосування плоского або телевізійного екрана в стані включення в електричну мережу живлення персонального комп'ютера або телевізора як джерела інфрачервоного випромінювання [Текст]: патент України на корисну модель № 78910 від 10.04.2013 / Венгер Є. Ф., Маслов В. П., Качур Н. В., Лабузов О. Є., Афонін А. В., Кущовий С. М. – 2013. – Бюл. № 7.
5. Сардега, Б. К. *Модуляційна поляриметрія* [Текст] / Б. К. Сардега. – К.: Наукова книга, 2011. – 260 с.
6. Пристрій для контролю якості оптичних матеріалів [Текст]: патент України на корисну модель № 39789 від 10.03.2009 / Венгер Є. Ф., Сардега Б. К., Маслов В. П., Качур Н. В. – 2009. – Бюл. № 5.
7. Сардега, Б. К. Комплексні дослідження якості сапфірових вікон сучасними неруйнівними методами [Текст] /

Б. К. Сардега, І. Є. Матяш, П. М. Литвин, В. П. Маслов, С. М. Кущовий // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2012. – №43. – С. 54-60.

8. Кардона, М. *Модуляционная спектроскопия* [Текст] / М. Кардона. – М: Мир, 1972. – 416 с.
9. Спосіб контролю матеріалів, прозорих в оптичному діапазоні випромінювання [Текст]: патент України на корисну модель № 49479 від 26.04.2010 / Венгер Є. Ф., Качур Н. В., Кіндрась О. П., Локшин М. М., Ляпіна А. Б., Марічева І. Л., Маслов В. П., Родічев Ю. М. – 2010. – Бюл. № 8.
10. Спосіб лазерного контролю якості кристалічних матеріалів, прозорих в оптичному діапазоні випромінювання [Текст]: патент України на корисну модель № 57495 від 25.02.2011 / Венгер Є. Ф., Качур Н. В., Маслов В. П. – 2011. – Бюл. № 4

РАЗВИТИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ СПОСОБОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИ ПРОЗРАЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены методы оптического неразрушающего контроля. Исследована возможность использования оптического поляризационного способа контроля для выявления механических напряжений в стекле. Исследованы возможности повышения точности оптического контроля. Результаты исследования могут быть применены в оптическом производстве для контроля качества материалов и готовых оптических деталей

Ключевые слова: техническая диагностика, оптический метод контроля, поляризация.

Качур Наталия Володимирівна, молодший науковий співробітник, Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкар'єва НАН України, Україна, e-mail: natalykachur@gmail.com

Качур Наталия Владимировна, младший научный сотрудник, Институт физики полупроводников им. В. Е. Лашкар'єва НАН Украины, Украина, e-mail: natalykachur@gmail.com

Kachur Nataliya, V. E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine, Ukraine, e-mail: natalykachur@gmail.com

УДК 537.5

Новосядлий С. П.,
Кіндрат Т. П.

ВАРІЗОННІ НАПІВПРОВІДНИКИ ТА ЇХНЄ ЗАСТОСУВАННЯ

Представлено аналіз варізонних напівпровідників, які використовуються для створення сонячних елементів. Встановлено можливості підвищення їхнього ККД. Варізонні напівпровідники - це кристали, в яких енергетичні параметри зонної структури - ширина забороненої зони, спин-орбітальне розчинення в v -зоні, а також ефективні маси носіїв заряду і діелектрична проникливість, плавно змінюються вздовж одного або декількох напрямів.

Ключові слова: варізонний, напівпровідник, кристал, сонячний елемент.

1. Вступ. Зонна діаграма кристалу

Інтерес до варізонних напівпровідників викликано особливостями, проявлених в них багатьох фізичних явищ, а також виникненням нових ефектів, не властивих напівпровідникам з однорідною зонною структурою, які назвемо гомозонними. Просторова залежність ширини забороненої зони приводить до появи вмонтованих квазіелектричних шарів, різних за величиною для дірок і електронів, що відповідно змінюють їх рухливість. Це зумовлює дифузійно-дрейфовий механізм переносу нерівноважних носіїв заряду, зміну координатного розподілу їх концентрацій, зміну умов

поверхневої рекомбінації в порівнянні з гомозонними напівпровідниками. А це відкриває нові можливості для формування нових видів напівпровідникових приладів для структур ВІС. Всі ці особливості приводять до суттєвих відмінностей в інжекційних, фотоелектричних і люмінесцентних явищах [1]. Вигляд зонної структури варізонного напівпровідника визначається просторовим розподілом вмонтованого мікрорісталу, а також наявністю внутрішніх та зовнішніх мікрополів: поля магнітних напружень, електричного, температурного. Неоднорідність таких полів в просторі приводить до відповідної неоднорідності зонної структури, що є наслідком дії двох механізмів. За одним із них зовнішні